

Evaluation of the extracts of *Cinnamomum verum* and *Trachyspermum ammi* L. seed on some of the quality properties of soybean oil during storage.

Mahdi Kermani^{1*}, Mohammad Bagheri², Abdolreza Aghajani³

¹ Professor, Department of Health and Wellness, Ministry of Education, Iran and Instructor, Department of Health and Food Technology, Center of Baharavaran nastaran Qom, University of Applied Science and Technology, Tehran, Iran, Email: Salamat_11055@yahoo.com

² Assistant Professor, Department of Chemistry, Mahallat Branch, Islamic Azad University, Mahallat, Iran

³ Instructor, Department of food science and engineering, faculty of Industrial and Mechanical engineering, Qazvin branch, Islamic Azad University, Qazvin, Iran.

Article Info

Article type:
Research Full Paper

ABSTRACT

Background and objectives: The aim of this study was to investigate and compare the effect of ethanolic extract of Cinnamon (*Cinnamomum verum*) and Ajwain (*Trachyspermum ammi* L.) seed at 200 and 400 ppm and TBHQ as the synthetic antioxidant on concentration of 100 ppm on the most important chemical properties of soybean oil during the first and twelfth days.

Materials and methods: In order to evaluate the antioxidant properties of the extracts in soybean oil, the maceration method was used to extract.

Article history:

Received: 2024-01-11

Revised: 2025-05-15

Accepted: 2025-06-07

Results: The results showed that with increasing storage time, all parameters studied increased. This increase in the treatments containing two extract was significantly lower than the control sample and TBHQ treatment. Treatments containing 400 ppm of Cinnamon extract had the lowest peroxide, anisidine, totox value and acidity during storage, while the control sample and TBHQ treatment with the highest levels of peroxide, anisidine, totux and thiobarbituric acid (TBA). The lowest TBA on the final day was shared by two treatments containing Cinnamon extracts. In contrast, the highest acidity was related to 200 ppm of Cinnamon extract. Except for acidity, the treatment contained TBHQ, which had the highest levels of peroxide, anisidine, totox and TBA in comparison with the treatments containing two cinnamon and ajwain extracts.

Conclusion: It can be concluded that ethanolic extract of Cinnamon with a concentration of 400 ppm had a more significant effect on the chemical properties of soybean oil.

Keywords:

Antioxidant
soybean oil
Cinnamomum verum
Trachyspermum ammi L.
extract

Cite this article: Kermani, M., Bagheri, M., Aghsjani, A. 2025. Evaluation of the extracts of *Cinnamomum verum* and *Trachyspermum ammi* L. seed on some of the quality properties of soybean oil during storage. *Food Processing and Preservation Journal*, 17(1), 109-126.



© The Author(s).

DOI: [10.22069/fppj.2025.22925.1844](https://doi.org/10.22069/fppj.2025.22925.1844)

Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

ارزیابی تأثیر عصاره‌های دارچین (*Cinnamomum verum*) و بذرنیان (*Trachyspermum ammi* L.) بر بعضی از ویژگی‌های کیفی روغن سویا طی زمان نگهداری

مهدی کرمانی^{۱*}، محمد باقری^۲، عبدالرضا آقاجانی^۳

^۱ استاد دفتر سلامت و تندرستی آموزش و پرورش و مربی، گروه بهداشت و فناوری مواد غذایی، دانشگاه جامع علمی کاربردی، مرکز بهاراوران نسترن قم،

تهران، ایران، رایانامه: Salamat_11055@yahoo.com

^۲ استادیار، گروه شیمی، واحد محلات، دانشگاه آزاد اسلامی، محلات، ایران

^۳ مربی، گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده مهندسی صنایع و مکانیک، واحد قزوین، دانشگاه آزاد اسلامی، قزوین، ایران

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله کامل علمی-پژوهشی	سابقه و هدف: آنتی‌اکسیدان‌ها از مهم‌ترین اجزاء در محصولات غذایی هستند که حضورشان نقشی کلیدی از جنبه سلامتی مصرف‌کننده و بهبود کیفیت فرآورده نهایی ایفای می‌کند. این ترکیبات به دودسته طبیعی و سنتزی تقسیم می‌شوند که هر کدام ویژگی‌های مربوط به خود را دارند. در سال‌های اخیر، کاربرد آنتی‌اکسیدان‌های سنتزی در صنایع غذایی به واسطه اثرات بالقوه منفی بر سلامت مصرف‌کنندگان مورد توجه تولیدکنندگان مواد غذایی به‌ویژه انواع روغن‌ها و محصولات بر پایه روغن قرار گرفته است. در نتیجه، جایگزینی این ترکیبات با آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی به‌ویژه انواع گیاهی به موضوعی کاربردی و مهم تبدیل شده است. تحقیقات مختلف نشان داده است که بکارگیری منابع طبیعی آنتی‌اکسیدان در فرمولاسیون‌های مواد غذایی، علاوه بر بهبود کیفیت محصولات غذایی، نقشی اساسی در ارتقاء سلامت مصرف‌کنندگان ایفای می‌کند. ازاین‌رو، هدف از پژوهش حاضر، ارزیابی و مقایسه تأثیر عصاره اتانولی دارچین و زنیان در دو سطح ۲۰۰ و ۴۰۰ ppm با آنتی‌اکسیدان سنتزی TBHQ با غلظت ۱۰۰ ppm بر مهم‌ترین ویژگی‌های شیمیایی روغن سویا طی روزهای اول و دوازدهم بوده است.
واژه‌های کلیدی: آنتی‌اکسیدان روغن سویا دارچین بذر زنیان	مواد و روش‌ها: دارچین و زنیان مورد استفاده در پژوهش حاضر از عطاری معتبر خریداری شد و بعد از آماده‌سازی‌های اولیه، با حلال آب، عصاره گیری شده و مطابق فرمولاسیون از پیش تعیین شده، در سطوح مختلف به روغن سویا تزریق گردید. آزمایش‌ها مربوط به روغن سویا شامل ارزیابی عدد پراکسید، عدد آنیزیدین، عدد توتوکوس، اسیدیته و عدد تیوباربتوریک اسید (TBA) بود که طی ۱۲ روز مورد بررسی قرار گرفت. تمامی آزمایش‌ها در سه تکرار انجام شد و تجزیه و تحلیل داده‌های آزمایشگاهی با نرم‌افزار آماری SPSS و مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن انجام گرفت. به‌منظور ترسیم منحنی‌های مربوطه از نرم‌افزار Excel استفاده گردید.
یافته‌ها: نتایج نشان داد که افزودن عصاره‌های دارچین و زنیان نقش مهمی در بهبود کیفیت روغن سویا طی زمان نگهداری داشت. مطابق نتایج، با افزایش زمان، مقادیر مربوط به عدد	

پراکسید، عدد آنیزیدین، عدد توتوکوس، اسیدیت و TBA افزایش یافت که این روند در تیمارهای حاوی عصاره‌های دارچین و زنیان در مقایسه با نمونه فاقد هرگونه آنتی‌اکسیدان (کنترل) و تیمار حاوی TBHQ به‌طور معنی‌داری، کُندتر بود. تیمار روغن سویای حاوی ppm ۴۰۰ عصاره دارچین طی زمان نگهداری کمترین عدد پراکسید، عدد آنیزیدین، عدد توتوکوس و اسیدیت را در مقایسه با سایر تیمارها و نمونه کنترل داشت، درحالی‌که تیمار حاوی TBHQ و نمونه کنترل دارای بالاترین عدد پراکسید، عدد آنیزیدین، عدد توتوکوس و میزان TBA بود. کمترین میزان TBA در روز پایانی به‌طور مشترک متعلق به دو تیمار حاوی عصاره دارچین بود. در مقابل، بالاترین میزان اسیدیت به تیمار حاوی ppm ۲۰۰ عصاره دارچین مربوط شد. تیمار حاوی TBHQ بالاترین عدد پراکسید، عدد آنیزیدین، عدد توتوکوس و TBA را در مقایسه با تیمارهای محتوی عصاره دارچین و زنیان داشت.

نتیجه‌گیری: با توجه به پتانسیل عصاره‌های دارچین و زنیان، بکارگیری آن‌ها در فرمولاسیون‌های مواد غذایی می‌تواند نتایج مفیدی را به همراه داشته باشد چراکه هر دو حاوی اجزاء ارزشمندی نظیر آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی می‌باشند و قادرند به‌عنوان جایگزین آنتی‌اکسیدان‌های سنتزی مورد استفاده قرار گیرند. به‌عنوان نتیجه‌گیری نهایی، می‌توان گفت که عصاره اتانولی دارچین با غلظت ppm ۴۰۰ تأثیر معنی‌دارتری بر مهم‌ترین ویژگی‌های شیمیایی روغن سویا داشت.

استناد: کرمانی، مهدی؛ باقری، محمد؛ آقاجانی، عبدالرضا. (۱۴۰۳). ارزیابی تأثیر عصاره‌های دارچین (*Cinnamomum verum*) و بذرنیان (*Trachyspermum ammi* L.) بر بعضی از ویژگی‌های کیفی روغن سویا طی زمان نگهداری. *فرآوری و نگهداری مواد غذایی*، ۱۷ (۱)، ۱۰۹-۱۲۶.



© نویسندگان.

DOI: [10.22069/fppj.2025.22925.1844](https://doi.org/10.22069/fppj.2025.22925.1844)

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

مقدمه

روغن‌ها و چربی‌ها از جمله مهم‌ترین ترکیبات در رژیم غذایی و از منابع ارزشمند انرژی برای انسان به شمار می‌آیند که به عنوان حلال و در نتیجه حامل بسیار مناسبی برای ویتامین‌های محلول در چربی هستند (۱۸). این محصولات از نظر شیمیایی ناپایدار بوده و زمانی که در معرض اکسیژن، نور، رطوبت، حرارت، آنزیم‌ها و فلزات کمیاب قرار می‌گیرند، به شدت آسیب می‌بینند (۴۲). روغن سویا از دانه‌های لوبیای سویا^۱ استخراج می‌شود و جزء پرمصرف‌ترین روغن‌های خوراکی گیاهی در سراسر جهان است که به واسطه ترکیبات منحصربه‌فرد و ویژگی‌های شاخص، دارای مصارف خانگی و صنعتی فراوانی می‌باشد (۳۴). این روغن، از نظر ترکیبات، غنی از اسیدهای چرب اشباع‌نشده شامل حدود ۲۳ درصد اسیدهای چرب تک غیراشباع (MUFA) و ۵۸ درصد اسیدهای چرب چند غیراشباع (PUFA) است که پتانسیل بالایی به اکسیداسیون دارد (۳).

اساساً اکسیداسیون در روغن‌ها و چربی‌ها در مکان‌های پیوند دوگانه در مولکول‌های تری گلیسیرید اتفاق می‌افتد و در مقابل، پایداری اکسیداتیو روغن وابسته به ترکیب اسیدهای چرب و تری گلیسیریدها و نیز ترکیب مولکول‌های با خاصیت آنتی‌اکسیدانی است (۳۳). بعد از اکسیداسیون روغن‌ها، هیدروپراکسیدها تولید می‌شوند که طی تخریب، به محصولات ثانویه نظیر آلدئیدها، کتون‌ها، اسیدها و الکل‌ها تبدیل شوند (۲۸ و ۳۰). تمام این محصولات به‌طور مستقیم بر روی کیفیت روغن‌ها مؤثر بوده و بسیاری از آن‌ها عامل اصلی تشکیل بدطعمی^۲ و تغییرات نامطلوب در مزه نظیر «تندی»^۳ می‌باشند (۲ و ۱۳). این محصولات به‌طور

خاص با استرس اکسیداتیو و در نتیجه بیماری‌هایی نظیر آسیب به کبد، تومورهای روده‌ای و سرطان مرتبط هستند (۱۷ و ۲۹). اکسیداسیون چربی می‌تواند به تشکیل محصولات سمی اکسیداسیون اُکسی‌کلترو^۴، مالون‌آلدئید^۵، اندوپراکسیدها^۶، آکرولین^۷ و پر اکسیدهای پلیمری^۸ نیز منجر شود (۲۲).

مستعد بودن چربی به اکسیداسیون یکی از مهم‌ترین دلایل پیدایش بوی تعفن، طعم نامطلوب و تغییرات رنگ در محصول است (۳۷) که استفاده از آنتی‌اکسیدان‌های مناسب در به تأخیر انداختن اکسیداسیون و افزایش ماندگاری محصولات غذایی نقش مؤثری ایفا می‌کند در صنعت غذا، آنتی‌اکسیدان‌های سنتزی نظیر بوتیل هیدروکسی تولوئن (BHT)، بوتیل هیدروکسی‌آیزول (BHA) و تری بوتیل هیدروکینون (TBHQ) کاربرد دارند که از اکسیداسیون چربی‌ها جلوگیری می‌کنند (۱۲)، اما امروزه به دلیل سمیت و سرطان‌زایی مصرف آن‌ها در مواد غذایی کاهش یافته است، به‌طوری‌که مصرف‌کنندگان آنتی‌اکسیدان طبیعی را به نوع سنتزی آن ترجیح می‌دهند و در تلاش برای جایگزینی آنتی‌اکسیدان‌های تجاری با انواع طبیعی هستند (۲۶).

زنیان^۸ گیاهی متعلق به خانواده چتریان است که بخش‌های مختلف آن دارای خواص تغذیه‌ای و دارویی است و به‌طور وسیعی در مناطق با خاک‌های شور و آب و هوای خشک و نیمه‌خشک رشد می‌کند (۹). ویژگی‌های آنتی‌اکسیدانی عصاره و اسانس زنیان در تحقیقات مختلفی بیان شده است که به‌واسطه حضور ترکیبات زیست فعالی نظیر پلی‌فنول‌ها، فلاونوئیدها و اسیدهای فنولیک است که هر کدام نقش مهمی را در به تأخیر انداختن اکسیداسیون ایفا می‌کنند

^۵ Endo peroxides

^۶ Acrolein

^۷ Polymeric peroxides

^۸ *Trachyspermum ammi* L.

^۱ Glycine max

^۲ Off-flavour

^۳ Rancidity

^۴ Malonaldehyde

(۸، ۳۲). دارچین^۱ با نام علمی *Cinnamomum verum* از تیره شب‌بو و نوعی طعم‌دهنده محبوب در سراسر دنیا است که دارای فعالیت آنتی‌اکسیدانی و چلاته‌کنندگی فلزات می‌باشد. از ترکیبات فنولیک و غیرفنولیک فرار دارچین می‌توان به سینامالدهید^۲ اشاره کرد که ۷۵ درصد اسانس روغنی آن را تشکیل داده و عامل اصلی طعم و مزه شیرین دارچین می‌باشد. بعلاوه، ترپینن، کامفن و ۴ - ترپینول نیز قابل ذکر اند (۳۶)، درحالی‌که بتا - سیتوسترول، اپی - کاتکین، سیرینجیک اسید، سینامیک اسید، کومارین و وانیلیک اسید از ترکیبات فنولیک و غیرفنولیک غیرفرار دارچین می‌باشند. ثابت شده است که این ترکیبات به عنوان عوامل احیاء کننده و بی‌اثر کننده رادیکال‌های پراکسید و شلاته‌کننده فلزات عمل کرده و از واکنش‌های اکسیداتیو جلوگیری می‌نمایند (۴۱). مطالعات نشان داده است که استفاده از اسانس و عصاره گیاهان دارویی و ادویه‌جات می‌تواند نقش مهمی در افزایش زمان ماندگاری و بهبود کیفیت روغن‌ها و چربی‌های خوراکی داشته باشد (۱۶). نظر به اهمیت به‌کارگیری منابع طبیعی آنتی‌اکسیدان در فرمولاسیون مواد غذایی ازجمله چربی‌ها و روغن‌ها، در این پژوهش، تأثیر عصاره‌های دارچین و بذرنیان بر بعضی از ویژگی‌های کیفی روغن سویا طی زمان نگهداری ارزیابی گردید.

مواد و روش‌ها

پوسته دارچین و بذرنیان به ترتیب از عطاری معتبر در استان قم و کرمان، روغن سویا بدون آنتی‌اکسیدان از شرکت نازگل (کرمانشاه) تهیه شد. شناسایی پوست درخت دارچین و بذر گیاه زنیان تهیه شده توسط هرباریوم مرکزی مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور (تهران) انجام شد.

آنتی‌اکسیدان سنتزی TBHQ با درجه خلوص ۹۹ درصد (کد ۸۴۱۴۲۴)، استیک اسید (کد ۸۱۸۷۵۵)، کلروفرم (کد ۱۰۲۴۴۵)، یدید پتاسیم اشباع (کد ۷۶۸۱۱۱)، تیوسولفات سدیم (کد ۱۰۶۵۱۶)، الکل اتیلیک با درجه خلوص ۹۹/۷ درصد (کد ۸۱۸۷۶۰)، فنل‌فتالین (کد ۱۰۷۲۳۳) و هیدروکسید سدیم (کد ۱۹۶۴۹۸) و آب مقطر (کد ۱۱۶۷۵۴) همگی از نمایندگی شرکت مرک آلمان خریداری گردید. دستگاه‌های مورد استفاده شامل خشک‌کن (Wanling، چین)، آسیاب (توس‌شکن، خراسان رضوی)، دکانتور (نیکو شیمی، تهران)، تبخیرکننده چرخان (مدل R-80، شرکت بوچی، ترکیه)، سانتریفیوژ (شرکت KTG، ایران) و اسپکتروفتومتری (مدل XD 7000، شرکت لاوباند آلمان) بودند.

تهیه عصاره اتانولی دارچین و زنیان: جهت استخراج عصاره دانه زنیان، ابتدا دانه‌های زنیان، پاک‌سازی و کلیه مواد خارجی جداسازی گردیدند. سپس دانه‌ها با آسیاب آزمایشگاهی تبدیل به پودر شده، ۱۰ گرم از این پودر در ۵۰ میلی‌لیتر اتانول ۹۶ درصد ریخته شد. در نهایت، به مدت ۷۲ ساعت در دمای آزمایشگاهی نگهداری و هر چند ساعت، یک‌بار همزده شد. مایع رویی جدا شده و به روش خیساندن در دستگاه روتاری تحت خلأ تا ۹۸ درصد تغلیظ و خشک گردید و در نهایت عصاره در دستگاه خشک‌کن به پودر تبدیل شد. این عصاره تا زمان آزمایش در ظرف دربسته و محافظ در برابر نور و در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد در یخچال نگهداری شد (۸). پوست دارچین پس از خشک شدن به مدت چند روز در سایه و در دمای اتاق، به کمک آسیاب پودر گردید. عصاره‌گیری به روش خیساندن (غرقابی) در حلال اتانول (۷۰ درصد) با نسبت ۶ : ۱ (حلال: ماده گیاهی) در یک دکانتور و در دمای اتاق صورت گرفت و پس

² Cinnamaldehyde

¹ Cinnamon

از ۲۴ ساعت عصاره با استفاده از کاغذ صافی (واتمن شماره ۴۲) از مواد گیاهی جدا گردید. سپس حلال با استفاده از دستگاه تبخیرکننده چرخان از محلول عصاره جدا گردید و عصاره حاصله در یخچال با دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد (۲۵).
آماده‌سازی تیمارها: میزان ۱۰۰ گرم از روغن سویا به‌عنوان نمونه شاهد و بدون هرگونه آنتی‌اکسیدان (حاوی ۱۰۰ppm اسیدسیتریک) و ۱۰۰ گرم دیگر از این روغن حاوی ۱۰۰ppm آنتی‌اکسیدان سنتزی TBHQ آماده شد. هدف از این کار، ارائه دو نوع نمونه

کنترل در مقایسه با تیمارهای مورد استفاده حاوی عصاره‌های زنیان و دارچین بود. عصاره‌های دو گیاه هر کدام در دو سطح ۲۰۰ppm و ۴۰۰ در قالب تیمارهای جداگانه (هر تیمار، ۱۰۰ گرم روغن سویا) به روغن سویا اضافه شد. نمونه‌ها در شیشه‌های تیره‌رنگ به مدت ۱۲ روز در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد طی انبارداری تسریع شده نگهداری شد و طی روزهای اول و دوازدهم، عدد پراکسید، آنیزیدین، توتوکس، اسیدیت و عدد تیوباربتوریک نمونه‌های روغن اندازه‌گیری شد. مشخصات تیمارهای مورد بررسی در جدول ۱ مشخص شده است:

جدول ۱- مشخصات تیمارهای مورد بررسی در پژوهش حاضر.

Table 1. Characteristics of the treatments studied in the present study

ردیف	مشخصه تیمار	ترکیب تیمار
۱	C	نمونه شاهد (کنترل): فاقد هرگونه آنتی‌اکسیدان و عصاره
۲	S	نمونه روغن محتوی ۱۰۰ppm آنتی‌اکسیدان TBHQ
۳	C ₁	نمونه روغن محتوی ۲۰۰ppm عصاره اتانولی دارچین
۴	C ₂	نمونه روغن محتوی ۴۰۰ppm عصاره اتانولی دارچین
۵	T ₁	نمونه روغن محتوی ۲۰۰ppm عصاره اتانولی زنیان
۶	T ₂	نمونه روغن محتوی ۴۰۰ppm عصاره اتانولی زنیان

کنترل، N نرمالیت تیوسولفات سدیم مصرفی و m وزن روغن مصرفی (گرم) می‌باشد (۴).
 (رابطه ۱)

$$\text{عدد پراکسید} = \frac{(v_2 - v_1) \times N \times 1000}{m}$$

اندیس آنیزیدین: عدد آنیزیدین برابر است با افزایش در میزان جذب آزمون در طول موج ۳۵۰ نانومتر در سل ۱۰ میلی‌متری. ابتدا معرف آنیزیدین تهیه شد. بدین صورت که ۰/۲۵ پارا — آنیزیدین در ابتدا توزین شده و در یک بالن ۱۰۰ میلی‌لیتری با اسید استیک به حجم رسید. در ادامه، ۴ لوله آزمایش برداشته شد که در لوله اول، ۳ گرم روغن سویا توزین گردید. سپس در بالن ۲۵ میلی‌لیتری با هگزان به حجم رسانده شد. به لوله آزمایش دوم، ۵ میلی‌لیتر هگزان منتقل گردید و

اندیس پراکسید: بدین منظور، ۵ گرم از نمونه روغن توزین و ۳۰ میلی‌لیتر از محلول استیک اسید و کلروفرم (به نسبت ۳ به ۲) به نمونه روغن اضافه شد. بعد از افزودن ۰/۵ میلی‌لیتر محلول یدید پتاسیم اشباع، طی مدت ۱ دقیقه در تاریکی گذاشته شد و بلافاصله، ۳۰ میلی‌لیتر آب‌مقطر به ظرف اضافه گردید. به میزان ۰/۰۵ گرم (۱ درصد) معرف نشاسته ۵ درصد (چسب نشاسته) اضافه شده و نمونه آماده شده با تیوسولفات سدیم ۰/۱ نرمال تا از بین رفتن رنگ آبی — بنفش تیترو گردید. برای محاسبه عدد پراکسید (میلی‌اکی‌والان اکسیژن/کیلوگرم روغن) از رابطه ۱ استفاده شد که در آن، v₂ حجم تیوسولفات سدیم مصرفی برای نمونه، v₁ حجم تیوسولفات سدیم مصرفی برای نمونه

رنگ صورتی کم‌رنگ ظاهر شده و به مدت ۳۰ دقیقه پایدار بماند. میزان اسیدیته با استفاده از رابطه ۴ محاسبه گردید که در آن، V حجم سود مصرفی (میلی‌لیتر)، N نرمالیه محلول سود مصرفی، W وزن نمونه مصرفی (گرم) و Q اسیدهای چرب آزاد برحسب اسید اولئیک بود (۷).

$$Q = \frac{V \times 28/2 \times N}{W} \quad (\text{رابطه ۴})$$

عدد تیوباربیتوریک اسید: عدد تیوباربیتوریک اسید (TBA) به عنوان شاخصی از تشکیل ترکیبات ثانویه اکسیداسیون تعیین شد. بر این اساس میزان ۰/۰۵ میلی‌لیتر نمونه روغن با ۰/۹۵ میلی‌لیتر آب مقطر و ۲ میلی‌لیتر واکنشگر TBA (۱۵ گرم تری‌کلرواستیک اسید، ۰/۳۷۵ گرم اسید تیوباربیتوریک، ۲ میلی‌لیتر اسید کلریدریک و ۸۲/۹ میلی‌لیتر آب مقطر) با هم مخلوط شده و به مدت ۱۵ دقیقه در آب در حال جوش قرار گرفت. سپس به مدت ۱۰ دقیقه در دمای اتاق خنک شده و ۱۵ دقیقه در سانتریفیوژ با دور ۱۰۰۰ قرار گرفت و در پایان میزان جذب آن در طول موج ۵۳۲ نانومتر توسط اسپکتروفتومتری اندازه‌گیری شد (۶).

تجزیه و تحلیل آماری

تمام آزمون‌ها با سه بار تکرار انجام شد. سپس داده‌های مورد بررسی توسط نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۰ در طرح کاملاً تصادفی تجزیه و تحلیل گردید. برای تعیین اختلاف معنی‌دار بین نمونه‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۹۵ درصد استفاده شد. نمودارهای مورد نظر نیز توسط نرم‌افزار اکسل ۲۰۱۰ رسم گردید.

این لوله به عنوان شاهد برای لوله آزمایش اول در نظر گرفته شد. به لوله آزمایش سوم، ۵ میلی‌لیتر محلول روغنی و بعد از آن، ۱ میلی‌لیتر معرف آنیزیدین اضافه گردید. در لوله آزمایش چهارم، ۵ میلی‌لیتر هگزان و بلافاصله، ۱ میلی‌لیتر معرف آنیزیدین ریخته شد. درب لوله بسته شده و به خوبی تکان داده شد. سپس به مدت ۱۰ دقیقه در تاریکی گذاشته شد. این لوله آزمایش به عنوان نمونه شاهد برای لوله آزمایش سوم در نظر گرفته شد. در پایان، میزان جذب تمام لوله‌های آزمایش توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۳۵۰ نانومتر قرائت گردید و عدد آنیزیدین از طریق رابطه ۲ محاسبه شد (۵).

(رابطه ۲)

$$\text{عدد آنیزیدین} = \frac{25 \times (1/28 \times As - Ab)}{(\text{نمونه وزن})}$$

عدد توتوکس: استفاده از عدد پراکسید و عدد آنیزیدین توأم با هم سبب فراهم‌سازی دید جامعی در مورد فرآیند اکسیداسیون در روغن‌ها و چربی‌ها می‌گردد که به عنوان عدد توتوکس محاسبه می‌شود و برای پیش‌بینی ثبات اکسیداتیو به کار می‌رود (۷). پس از سنجش عدد پراکسید و عدد آنیزیدین، عدد توتوکس مطابق با رابطه ۳ تعیین گردید:

(رابطه ۳)

$$\text{عدد آنیزیدین} + (\text{عدد پراکسید}) = \text{عدد توتوکس}$$

عدد اسیدیته: برای تعیین عدد اسیدی، حدود ۳ گرم از نمونه روغن درون یک ارلن‌مایر ریخته شد و سپس ۳۰ میلی‌لیتر از الکل اتیلیک خنثی (الکل روز هیتز قرار داده شد). چند قطره معرف فنل فتالین به آن اضافه گردید و با محلول هیدروکسید سدیم تا ظهور رنگ صورتی روشن خنثی شد) و ۱ میلی‌لیتر فنل فتالین به آن اضافه شد. مخلوط داخل ارلن همزده شده و با محلول هیدروکسید سدیم ۰/۱ نرمال تیترو گردید تا

² Statistical Package for Social Science

¹ Thiobarbituric acid value

نتایج و بحث

نتایج ارزیابی عدد پراکسید: عدد پراکسید معمول‌ترین شاخص جهت تعیین کیفیت روغن‌ها و چربی‌هایی است که احتمال می‌رود در معرض اکسیداسیون قرار گرفته باشند. مقدار تولید این محصولات اولیه تابعی از ترکیب اسیدهای چرب، زمان و شرایط نگهداری در روغن است. به‌طور کلی هرچه درجه غیر اشباعیت روغن‌ها بیشتر باشد، آمادگی آن‌ها برای اکسیداسیون نیز بیشتر است (۱۰). عدد پراکسید بین ۱ تا ۵ (meq O₂/kg) نشان‌دهنده اکسیداسیون کم، بین ۵ تا ۱۰ (meq O₂/kg) نمایانگر اکسیداسیون متوسط و عدد بالای ۱۰ (meq O₂/kg) معرف اکسیداسیون قابل توجه روغن یا چربی است. در هر حال، کدکس برای عدد پراکسید روغن‌های بکر، حد ۱۵ meq O₂/kg را تعیین نموده است. تعداد پر اکسیدهای موجود در روغن‌های نباتی منعکس‌کننده سطح اکسیداتیو و در نتیجه، تمایل به تندی است (۳۰). مطابق اطلاعات موجود در جدول ۲، اثر تیمار، زمان نگهداری و تیمار در زمان نگهداری بر مقادیر عدد پراکسید کاملاً معنی‌دار بود و بالاترین عدد F به زمان نگهداری مربوط شد (p<0.05). مطابق جدول ۳،

با افزایش زمان ماندگاری، عدد پراکسید تیمارهای مورد بررسی افزایش یافت و به‌عنوان مثال برای نمونه روغن محتوی ۴۰۰ ppm عصاره اتانولی دارچین از میزان ۱/۰ meq O₂/kg در روز اول به ۷/۰ meq O₂/kg در روز دوازدهم افزایش یافت. بعلاوه، کمترین عدد پراکسید مربوط به تیمار حاوی ۴۰۰ ppm عصاره دارچین بود که با سایر تیمارها تفاوت معنی‌داری داشت (p<0.05).

بین دو نمونه کنترل (فاقد هرگونه آنتی‌اکسیدان و عصاره) و تیمار محتوی ۲۰۰ ppm عصاره زنیان در روز اول تفاوت معنی‌داری مشاهده نگردید (p>0.05)، اما سایر تیمارها با هم و با نمونه کنترل تفاوت معنی‌داری داشتند (p<0.05). در روز دوازدهم، نمونه روغن حاوی ۲۰۰ ppm عصاره اتانولی زنیان بالاترین عدد پراکسید را داشت (۱۲/۲۴ ± 2.02 meqO₂/kg) که از نظر آماری با سایر تیمارها و نمونه کنترل تفاوت معنی‌داری داشت (p<0.05). در حالی که کمترین عدد پراکسید به تیمار حاوی ۴۰۰ ppm عصاره دارچین تعلق داشت (۷/۰۱ ± 2.02 meqO₂/kg) که تفاوت معنی‌داری با سایر تیمارها و نمونه کنترل داشت (p<0.05).

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس داده‌های مربوط به عدد پراکسید (میلی‌اکی‌والان اکسیژن/ کیلوگرم) نمونه‌های روغن.

Table 2 - Results of analysis of variance of data related to peroxide value (meq O₂/kg) of oil samples.

منبع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	عدد F	سطح معنی‌داری
تیمار	۵	۶۳/۲۹	۱۲/۶۵	۶۱۴۰۳/۸۵	۰/۰۰*
زمان نگهداری	۱	۵۰۵/۰۵	۵۰۵/۰۵	۲۴۴۹۷۲۰/۵۰	۰/۰۰*
تیمار× زمان نگهداری	۵	۱۶/۸۹	۳/۳۸	۱۶۳۹۳/۰۶۶	۰/۰۰*
خطا	۲۴	۰/۰۰۵	۰/۰۰		
کل	۳۶	۱۸۴۶/۴۷			

*حروف غیرمشابه در هر ستون بیانگر تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ است.

جدول ۳- مقادیر عدد پراکسید (میلی‌اکی‌والان اکسیژن / کیلوگرم) نمونه‌های روغن سویا طی زمان ماندگاری.

Table 3- Peroxide value (meq O₂/kg) of soybean oil samples during shelf life.

روز دوازدهم	روز اول**	مشخصه تیمار*
۱۲/۰۷±۲/۰۲ ^b	۲/۸۳±۰/۷۹ ^a	C
۸/۲۳±۲/۰۲ ^c	۱/۲۱±۰/۷۹ ^d	S
۸/۳۷±۲/۰۲ ^d	۲/۳۶±۰/۷۹ ^c	C ₁
۷/۰۱±۲/۰۲ ^f	۱/۰۱±۰/۷۹ ^e	C ₂
۱۲/۲۴±۲/۰۲ ^a	۲/۸۳±۰/۷۹ ^a	T ₁
۱۰/۰۸±۲/۰۲ ^c	۷/۷۸±۰/۷۹ ^b	T ₂

* نمونه فاقد هر گونه آنتی‌اکسیدان و عصاره (C)؛ نمونه روغن محتوی ۱۰۰ppm آنتی‌اکسیدان TBHQ (S)؛

نمونه روغن محتوی ۲۰۰ppm عصاره اتانولی دارچین (C₁)؛ نمونه روغن محتوی ۴۰۰ppm عصاره اتانولی دارچین (C₂)؛

نمونه روغن محتوی ۲۰۰ppm عصاره اتانولی زنیان (T₁) و نمونه روغن محتوی ۴۰۰ppm عصاره اتانولی زنیان (T₂).

** حروف غیر مشابه در هر ستون بیانگر تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ است.

پراکسید افزایش خواهد یافت و بکارگیری آنتی‌اکسیدان‌های مختلف طبیعی یا سنتزی می‌تواند این روند را کند نماید (۲۶). در هر حال، زمان نگهداری نمونه‌ها روی روند تغییر شاخص‌های شیمیایی تأثیر قابل توجهی دارد. زمان‌های طولانی، زمینه را برای بروز تغییرات نامطلوب شیمیایی و بروز هرچه سریع‌تر فساد مهیا می‌سازد (۱۳).

نتایج این پژوهش نشان داد که حضور ترکیبات فنولیک و فلاونوئیدی با خاصیت آنتی‌اکسیدانی در عصاره‌های دارچین و زنیان موجب تأخیر و کاهش میزان و شدت اکسیداسیون در روغن می‌شود که بخشی از آن، کاهش سرعت تولید هیدروپراکسیدها است. در اینباره، Kamkar و همکاران (۲۰۱۰) اعلام نمود که کاهش سرعت تشکیل هیدروپراکسیدها در اثر استفاده از اسانس چویل در ارتباط با حضور اسیدهای فنولیک و فلاونوئیدها در آن است (۲۰). طی تحقیقی، Khan Ahmadi (۲۰۰۶) اثر آنتی‌اکسیدانی گیاه چویل در شش سطح ۰/۰۱، ۰/۰۲، ۰/۰۱، ۰/۰۵، ۱ و ۲ درصد و نیز اسانس آن در دو سطح ۰/۵ و ۱ درصد

این خاصیت عصاره دارچین به واسطه محتوی بالای ترکیبات فنولی با خاصیت آنتی‌اکسیدانی نظیر کامفن^۱، کومارین سینامالدهید^۲، سینامیک اسید^۳، گاما - ترپینن^۴ و سیناکاسیول^۵ است. این ترکیبات به طور مؤثری از واکنش‌های اکسیداتیو در مواد غذایی جلوگیری کرده و توسط عصاره‌گیری و اسانس‌گیری از گیاه دارچین استخراج می‌شوند (۱۴).

عدد پراکسید به دست آمده در پژوهش حاضر برای بیشتر تیمارها کمتر از 10 meqO₂/kg بود (جدول ۳) که مطابق با استاندارد توصیه شده توسط کدکس (Codex) برای کیفیت خوب در یک روغن است (۱۱). در تأیید نتایج این پژوهش، Hajimahmoodi و همکاران (۲۰۱۰) نیز طی ارزیابی فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره^۶ واریته زیتون ایرانی اعلام کردند که با افزایش زمان ماندگاری، عدد پراکسید نمونه‌های روغن افزایش می‌یابد (۱۵) که این روند در نمونه کنترل روندی صعودی و معنی‌دار داشت. با گذشت زمان و تغییرات مختلفی که در فرآورده بر پایه روغن و چربی اتفاق می‌افتد، عدد

⁴ Gamma-terpinene

⁵ Cinnacassiol

¹ Camphene

² Coumarin cinnamaldehyde

³ Cinnamic acid

را بر روی اندیس پراکسید و تیوباربیتوریک اسید روغن آفتابگردان بررسی نمود. مطابق نتایج، حداقل غلظت عصاره چویل برای بروز خاصیت آنتی اکسیدانی مؤثر، ۰/۰۲ درصد بود، درحالی که بهترین خاصیت آنتی اکسیدانی مربوط به نمونه حاوی ۰/۵ درصد عصاره اتانولی چویل بود (۲۱).

نتایج ارزیابی عدد آنیزیدین: ترکیبات فرار و غیرفرار مختلف شامل دیمرها، تریمرها، الکلها، پلیمرها و سایر محصولات ثانویه اکسیداسیون طی تجزیه هیدروپراکسیدها تولید می شوند که به شدت بر روی پایداری روغن تأثیر گذاشته و آن را فاسد می کند. این حقیقت منجر به نقش مهم دو پارامتر عدد آنیزیدین و عدد توتوکس می شود (۲۴، ۲۷). عدد آنیزیدین شاخصی از محصولات ثانویه تولیدی در زمانی است که هیدروپراکسید طی اکسیداسیون روغن ها و چربی ها به کربونیل های غیرفرار تبدیل می شوند که حاصل آن، ظهور طعم تندی در روغن است (۲۳). در حقیقت، عدد آنیزیدین ترکیبات کربونیلی غیراشباع و اشباع با وزن مولکولی بالا در تری گلیسیریدها را اندازه گیری می کند (۳۱). مطابق جدول ۴، اثر تیمار، زمان نگهداری

و تیمار در زمان نگهداری بر مقادیر عدد آنیزیدین کاملاً معنی دار بود ($p < 0.05$) و پارامتر «تیمار» بالاترین عدد F را داشت (جدول ۴). مطابق جدول ۵، نمونه کنترل در روزهای مورد ارزیابی بالاترین عدد آنیزیدین را داشت. در روز اول، تفاوت دو تیمار حاوی سطوح ۲۰۰ و ۴۰۰ (ppm) عصاره زنیان با نمونه کنترل و نیز تیمار حاوی آنتی اکسیدان سنتزی TBHQ کاملاً معنی دار بود ($p < 0.05$). بالاترین عدد آنیزیدین در روز دوازدهم، متعلق به نمونه کنترل بود که تفاوت معنی داری با تیمارهای مورد بررسی داشت ($p < 0.05$). کمترین عدد آنیزیدین متعلق به تیمار حاوی ۴۰۰ ppm عصاره دارچین بود که با نمونه کنترل و سایر تیمارها تفاوت معنی داری داشت ($p < 0.05$). درهرحال، با افزایش زمان نگهداری، عدد آنیزیدین نمونه های روغن افزایش یافت (جدول ۵). در مقابل، نتایج پژوهش حاضر با نتایج مطالعات Nadeem و همکاران (۲۰۱۲) در بررسی اثر روغن *Moringa oleifera* برای پایدارسازی روغن کره در دمای محیط در تضاد بود که دلیل آن، وجود ترکیبات فنولی با خاصیت آنتی اکسیدانی است (۳۳) که روند اکسیداسیون و تند شدن نمونه ها را بسیار کند نمود.

جدول ۴ - نتایج تجزیه واریانس داده های مربوط به عدد آنیزیدین (میلی گرم / کیلوگرم) نمونه های روغن.

Table 4. Results of analysis of variance of data related to the anisidine index of oil samples

منبع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	عدد F	سطح معنی داری
تیمار	۵	۶۱۱/۸۰	۱۲۲/۳۶	۱۳۸۳/۱۸	۰/۰۰*
زمان نگهداری	۱	۵۰۲/۱۳۳	۵۰۲/۱۳۳	۵۶۷۶/۱۴	۰/۰۰*
تیمار × زمان نگهداری	۵	۱۱۶/۴۲	۲۳/۲۸	۲۶۳/۲۲	۰/۰۰*
خطا	۲۴	۲/۱۲۳	۰/۰۸۸		
کل	۳۶	۱۳۶۳۴/۶۵			

* حروف غیرمشابه در هر ستون بیانگر تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵٪ است.

جدول ۵- مقادیر عدد آنیزیدین (میلی گرم بر کیلوگرم) نمونه‌های روغن سویا طی زمان ماندگاری.

Table 5. Anisidine index values (mg/kg) of soybean oil samples during shelf life.

روز دوازدهم	روز اول**	مشخصه تیمار*
۳۱/۶۳±۶/۰۶ ^a	۱۷/۸۶±۲/۴۷ ^a	C
۲۰/۷۷±۶/۰۶ ^d	۱۳/۸۸±۲/۴۷ ^c	S
۱۶/۶۵±۶/۰۶ ^e	۱۲/۷۷±۲/۴۷ ^d	C ₁
۱۴/۰۳±۶/۰۳ ^f	۱۱/۱۷±۰/۲/۴۷ ^e	C ₂
۲۵/۸۱±۶/۰۶ ^b	۱۶/۶۳±۲/۰۴۷ ^b	T ₁
۲۴/۸۶±۶/۰۶ ^c	۱۶/۶۲±۲/۴۷ ^b	T ₂

* نمونه فاقد هر گونه آنتی‌اکسیدان و عصاره (C)؛ نمونه روغن محتوی ۱۰۰ ppm آنتی‌اکسیدان TBHQ (S)؛

نمونه روغن محتوی ۲۰۰ ppm عصاره اتانولی دارچین (C₁)؛ نمونه روغن محتوی ۴۰۰ ppm عصاره اتانولی دارچین (C₂)؛

نمونه روغن محتوی ۲۰۰ ppm عصاره اتانولی زنیان (T₁) و نمونه روغن محتوی ۴۰۰ ppm عصاره اتانولی زنیان (T₂).

** حروف غیر مشابه در هر ستون بیانگر تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ است.

دارچین بود که با سایر تیمارها و نمونه کنترل تفاوت معنی‌داری داشت ($p < 0.05$) (جدول ۷). با افزایش زمان نگهداری روغن، عدد توتوکس نیز افزایش یافت که این روند افزایشی در تیمارهای حاوی عصاره‌های دارچین و زنیان در مقایسه با نمونه فاقد هرگونه آنتی‌اکسیدان و تیمار حاوی TBHQ به طور معنی‌داری کُندتر بود. تیمار حاوی ۴۰۰ ppm عصاره دارچین طی زمان نگهداری کمترین عدد توتوکس را داشت، در حالی که نمونه کنترل دارای بالاترین میزان بود (جدول ۷). در این راستا، نشان داده شد که عصاره گیاه چویل در سطوح ۰/۰۱ تا ۲ درصد توانست تأثیر معنی‌داری بر تغییرات عدد توتوکس روغن آفتابگردان گذارد (۲۱).

نتایج ارزیابی اسیدیته: مطابق جدول ۸، اثر تیمار، زمان نگهداری و تیمار در زمان نگهداری بر مقادیر اسیدیته (بر حسب اسید اولئیک) نمونه‌های مورد بررسی کاملاً معنی‌دار بود و بیشترین معنی‌داری به پارامتر زمان نگهداری تعلق داشت ($p < 0.05$) (جدول ۸).

نتایج ارزیابی عدد توتوکس: عدد توتوکس نمایانگر کیفیت چربی یا روغن بوده و غالباً به منظور ارزیابی درجه اکسیداسیون چربی‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد که هر دو نوع از محصولات اولیه (پراکسید هیدروژن) و ثانیه (آلدئیدها) اکسیداسیون را در برمی‌گیرد (۴۴). مقادیر کمتر عدد توتوکس نشان‌دهنده وضعیت کیفی و تغذیه‌ای بهتر روغن است (۱۶). مطابق جدول ۶ اثر تیمار، زمان نگهداری و تیمار در زمان نگهداری بر مقادیر عدد توتوکس کاملاً معنی‌دار است ($p < 0.05$). کمترین میزان عدد توتوکس در روز اول متعلق به تیمار حاوی ۴۰۰ ppm عصاره دارچین بود که با سایر تیمارها و نمونه کنترل تفاوت کاملاً معنی‌داری از نظر آماری داشت ($p < 0.05$). بالاترین عدد توتوکس در روز اول مربوط به نمونه کنترل بود که با سایر تیمارها تفاوت معنی‌داری را نشان داد ($p < 0.05$) (جدول ۷). نمونه کنترل در روز پایانی نیز بالاترین عدد توتوکس را داشت و تفاوت آن با سایر تیمارها کاملاً معنی‌دار بود ($p < 0.05$). کمترین عدد توتوکس در روز دوازدهم متعلق به تیمار حاوی ۴۰۰ ppm عصاره

جدول ۶- نتایج تجزیه واریانس داده‌های مربوط به عدد توتوکس (میلی گرم بر کیلوگرم) نمونه‌های روغن.

Table 6. Results of variance analysis of data related to the Totox index of oil samples

منبع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	عدد F	سطح معنی داری
تیمار	۵	۵۷۸۷/۶۴	۱۱۵۵۷/۵۲	۱۱۱۴۸۴/۴۲	۰/۰۰*
زمان نگهداری	۱	۳۶۴۱۳/۵۴	۳۶۴۱۳/۵۴	۳۵۱۲۶۴/۶۴	۰/۰۰*
تیمار× زمان نگهداری	۵	۱۷۴۸/۲۸	۳۴۹۶/۲۵	۳۳۷۲۵/۰۴۷	۰/۰۰*
خطا	۲۴	۲/۴۸	۰/۱۰۴		
کل	۳۶	۱۲۵۴۲۱۷/۹۵			

* حروف غیرمشابه در هر ستون بیانگر تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵٪ است.

جدول ۷- مقادیر عدد توتوکس (میلی گرم بر کیلوگرم) نمونه‌های روغن سویا طی زمان ماندگاری.

Table 7. Totox index values (mg/kg) of soybean oil samples during shelf life.

مشخصه تیمار*	روز اول**	روز دوازدهم
C	۱۷۶/۶۶±۲۱/۱۴ ^a	۲۸۷/۶۲±۶۳/۰۹ ^a
S	۱۴۷/۵۴±۲۱/۱۴ ^d	۲۰۰/۰۰۳±۶۳/۰۹ ^d
C ₁	۱۳۳/۰۴۷±۲۱/۱۴ ^c	۱۵۶/۰۵±۶۳/۰۹ ^c
C ₂	۱۱۰/۸۹±۲۱/۱۴ ^f	۱۱۸/۴۹±۶۳/۰۹ ^f
T ₁	۱۵۸/۸۴±۲۱/۱۴ ^b	۲۱۶/۰۷±۶۳/۰۹ ^c
T ₂	۱۵۱/۰۷۷±۲۱/۱۴ ^c	۲۸۱/۴۸±۰/۰۶ ^b

* نمونه فاقد هر گونه آنتی اکسیدان و عصاره (C)؛ نمونه روغن محتوی ۱۰۰ppm آنتی اکسیدان TBHQ (S)؛

نمونه روغن محتوی ۲۰۰ppm عصاره اتانولی دارچین (C₁)؛ نمونه روغن محتوی ۴۰۰ppm عصاره اتانولی دارچین (C₂)؛

نمونه روغن محتوی ۲۰۰ppm عصاره اتانولی زنیان (T₁) و نمونه روغن محتوی ۴۰۰ppm عصاره اتانولی زنیان (T₂).

** حروف غیرمشابه در هر ستون بیانگر تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵٪ است.

جدول ۸- نتایج تجزیه واریانس داده‌های مربوط به اسیدیته (اسید اولئیک) نمونه‌های روغن.

Table 8. Results of analysis of variance of data related to acidity (in terms of oleic acid) of oil samples

منبع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	عدد F	سطح معنی داری
تیمار	۵	۵۷۸۷/۶۴	۱۱۵۵۷/۵۲	۱۱۱۴۸۴/۴۲	۰/۰۰*
زمان نگهداری	۱	۳۶۴۱۳/۵۴	۳۶۴۱۳/۵۴	۳۵۱۲۶۴/۶۴	۰/۰۰*
تیمار× زمان نگهداری	۵	۱۷۴۸/۲۸	۳۴۹۶/۲۵	۳۳۷۲۵/۰۴۷	۰/۰۰*
خطا	۲۴	۲/۴۸	۰/۱۰۴		
کل	۳۶	۱۲۵۴۲۱۷/۹۵			

* حروف غیرمشابه در هر ستون بیانگر تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵٪ است.

اسیدهای چرب آزاد تشکیل می‌شوند. بنابراین، می‌توان بین رطوبت، اسیدیته و اکسیداسیون ارتباطی را در نظر گرفت (۱۹). عدد اسیدی روغن مقدار اسیدهای چرب آزاد موجود در روغن را نشان می‌دهد که می‌تواند معیاری جهت ارزیابی کیفیت روغن‌ها و چربی‌ها به کار برده شود. در نتیجه واکنش‌های شیمیایی مختلف،

میزان پیشرفت واکنش‌های اکسایشی و ارزیابی کیفیت روغن طی فرآیند سرخ کردن، با اندازه‌گیری فرآورده‌های حاصل از واکنش‌های تخریبی هیدرولیز و اکسایش امکان پذیر می‌باشد. طی هیدرولیز و شکست تری‌آسیل گلیسرول‌ها در حضور رطوبت ماده غذایی یا رطوبت حاصل از سایر واکنش‌های اکسایشی تخریبی،

آنتی‌اکسیدان سنتزی TBHQ و تیمار محتوی ۲۰۰ppm عصاره زنیان بود که با یکدیگر، نمونه کنترل و سایر تیمارها تفاوت معنی‌داری داشتند ($p<0.05$) (جدول ۹). در روز پایانی، کمترین میزان اسیدیت به تیمار حاوی ۴۰۰ppm عصاره دارچین تعلق داشت که با نمونه کنترل و سایر تیمارهای مورد بررسی تفاوت معنی‌داری داشت ($p<0.05$). بالاترین میزان اسیدیت در روز دوازدهم مربوط به تیمار حاوی ۲۰۰ppm عصاره دارچین بود و بعدازآن، نمونه کنترل قرار داشت که البته تفاوت کاملاً معنی‌داری را بین این دو وجود داشت ($p<0.05$) (جدول ۹).

افزایش میزان اسیدهای چرب آزاد با افزایش دمای حرارت دهی، خصوصاً هیدرولیز تری‌گلیسریدها رخ می‌دهد. اسیدهای چرب آزاد در اثر واکنش‌های هیدرولیز تشکیل شده و باعث کاهش نقطه دود روغن سرخ‌کردنی می‌گردند. ازطرف دیگر، انباشتگی ذرات ماده غذایی در سرخ‌کن، تولید اسیدهای چرب آزاد را تسریع نموده و حضور اسیدهای چرب آزاد در روغن سرخ‌کردنی، هیدرولیز تری‌گلیسریدها را کاتالیز می‌کند (۱۴). مطابق جدول ۹ با افزایش زمان نگهداری از روز اول تا دوازدهم، مقادیر اسیدیت نمونه‌های روغن افزایش معنی‌داری را نشان داد. در روز اول، کمترین و بیشترین میزان اسیدیت به ترتیب متعلق به تیمار حاوی

جدول ۹- مقایسه مقادیر اسیدیت (اسید اولئیک) نمونه‌های روغن سویا طی زمان ماندگاری.

Table 9. Comparison of acidity values (oleic acid) of soybean oil samples over shelf life.

روز دوازدهم	روز اول**	مشخصه تیمار*
۱/۵۴۴±۰/۱۸b	۰/۵۵۳±۰/۱۷۷e	C
۱/۴۹۶±۰/۱۸c	۰/۵۳۳±۰/۱۷۷f	S
۱/۶۶±۰/۱۸a	۰/۷۷۳±۰/۱۷۷d	C ₁
۱/۰۸۷±۰/۱۸f	۰/۸۱۲±۰/۱۷۷c	C ₂
۱/۳۳۵±۰/۱۸e	۰/۹۹۶±۰/۱۷۷a	T ₁
۱/۴۱۳±۰/۱۸d	۰/۹۲۱±۰/۱۷۷b	T ₂

* نمونه فاقد هر گونه آنتی‌اکسیدان و عصاره (C)؛ نمونه روغن محتوی ۱۰۰ppm آنتی‌اکسیدان TBHQ (S)؛

نمونه روغن محتوی ۲۰۰ppm عصاره اتانولی دارچین (C₁)؛ نمونه روغن محتوی ۴۰۰ppm عصاره اتانولی دارچین (C₂)؛

نمونه روغن محتوی ۲۰۰ppm عصاره اتانولی زنیان (T₁) و نمونه روغن محتوی ۴۰۰ppm عصاره اتانولی زنیان (T₂).

** حروف غیرمشابه در هر ستون بیانگر تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ است.

معنی‌داری می‌یابد (۴۳). بالاترین میزان اسیدیت مربوط به نمونه محتوی آنتی‌اکسیدان سنتزی TBHQ بود که با نمونه کنترل تفاوت معنی‌داری نداشت. نتایج پژوهش حاضر همچنین با یافته‌های Ozkan و همکاران (۲۰۰۷) طی تحقیق در مورد اثر آنتی‌اکسیدان حاصل از عصاره گیاه *Satureja cilicica* (۰/۵، ۱ و ۲ درصد) به کره مطابقت داشت. این محققین به این نتیجه رسیدند که در همه نمونه‌ها با گذشت زمان، اسیدیت افزایش پیدامی‌کند اما نمونه‌های دارای

نتایج حاصل از پژوهش Samadloiy و همکاران (۲۰۰۷) اثر ضداکسایشی ترکیبات فنولیک هسته انار بر روی روغن سویا را تأیید کردند (۳۹). عصاره هسته انار دارای فعالیت ضداکسایشی معادل با آنتی‌اکسیدان سنتزی BHA بود (39). در پژوهش حاضر، با افزایش زمان نگهداری نمونه‌ها، میزان اسیدیت سیر صعودی دارد. نتایج این پژوهش با یافته‌های Yildirim در سال ۲۰۰۹ هم‌خوانی دارد که بیان کردند با افزایش زمان ماندگاری نمونه‌های مارگارین، اسیدیت افزایش

تیوباریتوریک در روغن می‌تواند تحت تأثیر عوامل مختلفی نظیر استفاده از ترکیبات آنتی‌اکسیدان، محتوی پائین انواع اسیدهای چرب غیراشباع و... قرار گیرد (۱). در جدول ۱۰ نتایج تجزیه واریانس داده‌های مربوط به اندیس تیوباریتوریک اسید (TBA) (میلی گرم مالون آلدئید در هر کیلوگرم از روغن) نمونه‌های روغن سویا ارائه شده است که بر اساس آن، اثر تیمار، زمان نگهداری و تیمار در زمان نگهداری بر اندیس تیوباریتوریک اسید کاملاً معنی‌دار است ($p < 0.05$).

آنتی‌اکسیدان در مقایسه با نمونه کنترل عدد اسیدی کم‌تری داشتند، به‌طوری‌که نمونه کنترل بیشترین مقدار اسیدیته و نمونه حاوی ۲ درصد عصاره کمترین مقدار را به خود اختصاص داد (۳۵).

نتایج ارزیابی اندیس تیوباریتوریک اسید (TBA):
اندیس تیوباریتوریک اسید اطلاعاتی را از حضور محصولات ثانویه اکسیداسیون نظیر آلدئیدها، الکل‌ها و کتون‌ها و به‌ویژه مالون آلدئید به دست می‌دهد که مسئول ایجاد طعم و رنگ می‌باشند. کاهش اندیس

جدول ۱۰- نتایج تجزیه واریانس داده‌های عدد تیوباریتوریک اسید (میلی گرم مالون آلدئید / کیلوگرم روغن) نمونه‌های روغن

Table 10. Results of analysis of variance of thiobarbituric acid index (mg malonaldehyde/kg oil) of oil samples

منبع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	عدد F	سطح معنی‌داری
تیمار	۵	۵۷۷۸۷/۶۴	۱۱۵۵۷/۵۲	۱۱۱۴۸۴/۴۲	۰/۰۰*
زمان نگهداری	۱	۳۶۴۱۳/۵۴	۳۶۴۱۳/۵۴	۳۵۱۲۶۴/۶۴	۰/۰۰*
تیمار × زمان نگهداری	۵	۱۷۴۸۱/۲۸	۳۴۹۶/۲۵	۳۳۷۲۵/۰۴۷	۰/۰۰*
خطا	۲۴	۲/۴۸	۰/۱۰۴		
کل	۳۶	۱۲۵۴۲۱۷/۹۵			

* حروف غیرمشابه در هر ستون بیانگر تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ است.

بیشتری صورت می‌گیرد و مقدار زیادی از پراکسیدهای تشکیل شده در مراحل اولیه، تجزیه و به مالون آلدئید تبدیل می‌شوند (۳۸). Singh و همکاران (۲۰۰۷) اثرات آنتی‌اکسیدانی اسانس برگ دارچین (در سطح ۰/۰۲ درصد) را در روند اکسیداسیون روغن خردل و تشکیل اندیس پراکسید و TBA بررسی کردند. اسانس در غلظت ۰/۰۲ درصد اثرات قوی‌تری نسبت به پروپیل گالات داشت (۴۰). Rouzbehan و همکاران (۲۰۰۸) فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره استخراجی از تفاله انگور در روغن سویا را بررسی کردند. نتایج حاصل از اعداد پراکسید و اسید تیوباریتوریک در مدت‌زمان ۱۳ روز نشان داد که غلظت ۱۵۰ ppm عصاره تفاله انگور دارای فعالیت آنتی‌اکسیدانی بوده و با غلظت ۲۰۰ ppm آنتی‌اکسیدان سنتزی BHA قابل مقایسه می‌باشد (۳۸).

مطابق جدول ۱۱ اندیس TBA کلیه تیمارهای مورد بررسی و نمونه کنترل با گذشت زمان به طور کاملاً معنی‌داری افزایش یافت. در روز اول، نمونه کنترل بالاترین اندیس TBA را نشان داد که با سایر تیمارها و نمونه کنترل تفاوت معنی‌داری داشت ($p < 0.05$). بین دو تیمار حاوی ۲۰۰ ppm عصاره دارچین و تیمار حاوی ۲۰۰ ppm عصاره زنیان تفاوت معنی‌داری وجود نداشت ($p > 0.05$). در روز پایانی، بالاترین میزان متعلق به نمونه کنترل ($2/275 \pm 0/55$) بود که با تیمارهای مورد بررسی تفاوت کاملاً معنی‌داری داشت ($p < 0.05$) و بعد از آن، تیمار محتوی TBHQ (S) قرار داشت. مقادیر TBA در تیمار حاوی ۲۰۰ ppm عصاره زنیان کمتر از تیمار محتوی ۲۰۰ ppm عصاره دارچین بود (جدول ۱۱). در درجه حرارت بالای مورد استفاده، تشکیل محصولات ثانویه اکسیداسیون با سرعت

جدول ۱۱- مقادیر تیوباربتوریک اسید (میلی گرم مالون آلدهید/کیلوگرم روغن) نمونه‌های روغن سویا طی زمان ماندگاری.

Table 11. Thiobarbituric acid values (mg malonaldehyde/kg oil) of soybean oil samples during shelf life

روز دوازدهم	روز اول**	مشخصه تیمار*
۲/۲۷۵±۰/۵۵ ^a	۰/۱۷۶±۰/۲۸ ^a	C
۲/۱۱۱±۰/۵۵ ^b	۰/۱۶۲±۰/۲۸ ^b	S
۱/۰۱۳±۰/۵۵ ^d	۰/۱۰۵±۰/۲۸ ^c	C ₁
۱/۰۰±۰/۵۵ ^d	۰/۱۰±۰/۲۸ ^f	C ₂
۱/۰۰۸±۰/۵۵ ^d	۰/۱۳۳±۰/۲۸ ^d	T ₁
۱/۷۷۰±۰/۵۵ ^c	۰/۱۳۸±۰/۲۸ ^c	T ₂

* نمونه فاقد هرگونه آنتی اکسیدان و عصاره (C)؛ نمونه روغن محتوی ۱۰۰ppm آنتی اکسیدان TBHQ (S)؛

نمونه روغن محتوی ۲۰۰ppm عصاره اتانولی دارچین (C₁)؛ نمونه روغن محتوی ۴۰۰ppm عصاره اتانولی دارچین (C₂)؛

نمونه روغن محتوی ۲۰۰ppm عصاره اتانولی زنیان (T₁) و نمونه روغن محتوی ۴۰۰ppm عصاره اتانولی زنیان (T₂).

** حروف غیر مشابه در هر ستون بیانگر تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵٪ است.

نتیجه گیری نهایی

در پژوهش حاضر در راستای کاربرد آنتی اکسیدان‌های گیاهی، از عصاره‌های دارچین و بذر زنیان به عنوان جایگزینی مناسب برای آنتی اکسیدان‌های سنتزی استفاده شد. بر اساس نتایج مشاهده گردید که تیمار حاوی ۴۰۰ ppm عصاره دارچین طی زمان نگهداری کمترین عدد پراکسید، آنیزیدین، توتوکس و اسیدیتیه را داشت و نمونه فاقد هرگونه آنتی اکسیدان طبیعی و سنتزی دارای بالاترین عدد پراکسید، آنیزیدین، توتوکس و TBA بود. به عنوان نتیجه گیری می توان گفت که عصاره اتانولی دارچین با غلظت ۴۰۰ ppm تأثیر معنی داری بر ویژگی های شیمیایی روغن سویا داشت. نقش عصاره دارچین در مقایسه با زنیان در تمامی پارامترهای کیفی روغن سویا مؤثرتر بود اگرچه شاید بتوان با ترکیب مناسب دو عصاره در غلظت مناسب نتیجه بهتری

به دست آورد و در این صورت، زنیان را هم به همراه دارچین به عنوان منبع ارزشمند آنتی اکسیدان‌های طبیعی معرفی نمود و از عصاره‌های مختلف این دو گیاه در فرمولاسیون‌های مواد غذایی به ویژه روغن‌ها و چربی‌ها و محصولات بر پایه روغن باهدف افزایش خواص کیفی و زمان ماندگاری استفاده نمود.

تشکر و قدردانی

مقاله حاضر، بخشی از نتایج پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی علوم و صنایع غذایی نویسنده مسئول می باشد. لذا نویسندگان مقاله بر خود لازم می دانند که از معاونت پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد محلات، استان مرکزی و سرکار خانم دکتر پونه امینی گرام، مدیریت آزمایشگاه میزان سنجش پاسارگاد مستقر در پارک علم و فناوری دانشگاه تهران (کرج) صمیمانه تشکر و قدردانی نمایند.

منابع

1. Abdel-Razek, A. G., El-Shami, S. M., El-Mallah, M. H., & Hassanien, M. M. M. (2011). Blending of Virgin olive oil with less stable edible oils to strengthen their antioxidative potencies, *Aust. J. Basic Appl. Sci.* 5 (10) 312–318.
2. Ahmadi, F., Kadivar, M., & Shahedi, M. (2007). Antioxidant activity of *Kelussia odoratissima* Moza. in model and food systems. *Food Chemistry*, 105: 57-64.
3. Ali, M. A., Islam, M. A., Othman, N. H., Noor, A. M., & Ibrahim, M. (2019). Effect of rice bran oil addition on the oxidative degradation and fatty acid composition of soybean oil during

- heating. Acta Sci. Pol. Technol. Aliment., 18(4), 427–438.
<http://dx.doi.org/10.17306/J.AFS.2019.0964>.
4. AOAC. (2002) Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists 17th Edition.
5. AOCS. (1998) Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists' Society (5th Ed.). Champaign, IL: AOCS Press.
6. AOCS. Official method cd, 19-90. 2009. American oil chemists society, 2-Thiobarbituric acid value, direct method, In official methods and recommended practices of the American Oil Chemists Society.
7. AOCS. (1993). Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists' Society. 4th Edition. Champaign. IL: AOCS Press.
8. Ashraf, M. & Orooj, A. (2006). Salt stress effects on growth, ion accumulation and seed oil concentration in an arid zone traditional medicinal plant ajwain (*Trachyspermum ammi* [L.] Sprague). Journal of Arid Environments, 64(2), 209-220.
9. Ashraf, M. (2002). Salt tolerance of cotton: some new advances. Critical Reviews in Plant Sciences, 21(1), 1-30.
10. Azadmard-Damirch, S. (2015). Extraction and refining technology of vegetable oils. Amidi publisher. Tabriz, Iran.
11. Codex Alimentarius, (2015). International Food Standards, Standard for Name Animal Fats. Adopted in 1999 and Amendment in 2015, Codex Stan 211-1999, FAO-WHO, Rome, Italia, p. 6, www.codexalimentarius.org.
12. Dekker, M., Abdullah, N., Vikineswary, S., Goh, P. C., & Kuppusamy, U. R. (2008). Antioxidant from maize and maize fermented by *Marasmius* sp. As stabilizer of lipid-rich Foods. *Food Chemistry*, 107: 1092-1098.
13. Frankel, E.N. (2007). Antioxidants in food & biology Dundee. The oily press Ltd.
14. Ghavami, M., Gharachorloo, M., & Ezatpanah, H. (2003). Effect of frying on the oil quality properties used in the industry potato chips. *Journal of Agriculture Science*, 9(1): 1-15.
15. Hajimahmoodi, M., Sadeghi N., Jannat, B., Oveisi, M., Madani, S., Kiayi, M., Akrami, M., & Ranjba, A. (2008). Antioxidant activity, reducing power and total phenolic content of Iranian olive cultivar. *J Biol. Sci.*, 8(4):779–783. DOI: 10.3923/jbs.2008.779.783.
16. Halim, Y., Natania, Halim M. J., Soedirga C. L., & Yakhin, A. L. (2016). Physical and chemical characteristics of frying oil in Indonesia in a repeated frying model. *J. Chem. Pharm. Res.* 8, 583–589.
17. Hammouda, I. B., Zribi, A., Mansour, A. B., & Bouaziz, M. (2017). Effect of deep-frying on 3-MCPD esters and glycidyl esters contents and quality control of refined olive pomace blended with refined palm oil. *Eur. Food Res. Technol.* 243, 1219-1227.
18. Inanç, T. & Maskan, M. (2012). The potential application of plant essential oils/extracts as natural preservatives in oils during processing: a review. *Journal of Food Science and Engineering*, 2(1), 122-128.
19. Kalapathy, U. & Proctor, A. (2000). A New Method for Free Fatty Acid Reduction in Frying Oil Using Silicate Films Produced from Rice Hull Ash. *JAACS*, 77(6), 593-598.
20. Kamkar, A., Monfared, M., Jebelli Javan, A., Asadi, F. & Aknodzadeh, A. (2010). Antioxidative effects of liquid and organic extracts from Iranian nettle (*Urtica dioica* L.). *Asian Journal of Food and Agriculture*, 3 (5): 491-497.
21. Khanahmadi, M., & Janfeshan, K. (2006). Study on antioxidation property of *Ferulago angulata* plant. *Asian Journal of Plant Sciences*, 5(3), 521-526.
22. Kim, H.J. & Min, D.B. (2008). Tocopherol stability and prooxidant mechanisms of oxidized tocopherols in lipids. In *Food lipids, chemistry, nutrition and biotechnology*. edition C. Press, 435-447.
23. Laguerre, M., Lecomte, J. & Villeneuve, P. (2007). Evaluation of the ability of antioxidants to counteract lipid oxidation: existing methods, new trends and challenges, *J. Lipid Res.* 46. 244–282, <https://doi.org/10.1016/j.plipres.2007.05.002>.

24. Leong, X. F., Ng, C. Y., Jaarin K., & Mustafa, M. R. (2015). Effects of repeated heating of cooking oils on antioxidant content and endothelial function. *Austin J. Pharmacol. Ther.* 3, 1–7.
25. Lucinewton, S.M., Raul, N.CJr, Mirian, B. S., Lin, C. M., & Angela, A. M. (2005). Supercritical fluid extraction from fennel (*Foeniculum vulgare*): global yield, composition and kinetic data. *Journal of Supercritical Fluids*, 35: 212–219.
26. Mariutti, L. R. B., Nogueira, G. C., & Bragagnolo, N. (2011). Lipid and cholesterol oxidation in chicken meat are inhibited by sage but not by garlic. *J. Food Sci.*; 76: 909–15.
27. Matthaus, B. (2006). Utilization of high oleic rapeseed oil for deep fat frying of French fries compared to other commonly used edible oils. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 108(3), 200–211.
28. Matthäus, B., Decker, E.A., Elias, R.J., & McClements, D.J. (2010). Oxidation of edible oils. in *Oxidation in Foods and Beverages and Antioxidant Applications*. Elsevier, pp. 183–238,
29. Matthäus, B., Guillaume, D., Gharby, S., Haddad, A., Harhar, H. & Charrouf, Z. (2010). Effect of processing on the quality of edible argan oil. *Food Chemistry*, 120, 426–432.
30. Moigradean, D., Poiana, M. & Gogoasa, I. (2012). Quality characteristics and oxidative stability of coconut oil during storage. *Journal of Agroalimentary Processes and Technologies*, 18(4), 272–276.
31. Muik, B., Lendl, B., Molina-Díaz, A., & Ayora-Canada, M.J. (2005). Direct monitoring of lipid oxidation in edible oils by Fourier transform Raman spectroscopy, *Chemistry and Physics of Lipids*, 134(2), 173–182.
32. Munns, R. (2002). Comparative physiology of salt and water stress. *Plant, Cell & Environment*, 25(2), 239–250.
33. Nederal, S., Skevin, D., Kraljic, K., Obranic, M., Papasa, S., & Bataljaku, A. (2012). Chemical composition and oxidative stability of roasted and cold pressed pumpkin seed oils. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 89, 1763–1770. [http:// dx.doi.org/10.1007/s11746-012-2076-0](http://dx.doi.org/10.1007/s11746-012-2076-0).
34. O'Brien, R. D. (2004). *Fats and Oils Formulating and Processing for Application*. CRC press, Boca Raton, FL, 17–30.
35. Ozkan, G., Simsek, B. & Kuleasan, H. (2007). Antioxidant activities of Satureja cilicica essential oil in butter and in vitro. *Journal of Food Engineering*, 79, 1391–1396.
36. Parthasarathy, V. A., Chempakam, B. & Zachariah, T. J. (2008). *Chemistry of spices*. CABI ISBN 978-1-84593-405-7 UK.
37. Pezzuto, J. M. & Park, E. J. (2002). Autoxidation and antioxidants. In Swarbrick, J. & Boylan, J.C. (Vol. 1, 2nd edn.). *Encyclopedia of Pharmaceuticals Technology*, New York: Marcel Dekker Inc.
38. Rouzbehan, Y., Alipour, D., Barzegar, M., & Azizi, M. H. (2008). Antioxidant activity of phenolic compounds of grape pomace. *International Journal of Food Science and Technology*, 5(3): 69–74.
39. Samadloiy, H. R., Azizi, M. H., & Barzegar, M. (2007). Antioxidative effect of pomegranate seed phenolic components on soybean oil. *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources*, 14(4):193–200.
40. Singh, J., Kaur, L. & McCarthy, O. J. (2007). Factors influencing the physico-chemical, morphological, thermal and rheological properties of some chemically modified starches for food applications-A review. *Food Hydrocolloid*, 21: 1–22.
41. Suhaj, M. (2006). Spice antioxidants isolation and their antiradical activity: a review. *Journal of Food Composition Analysis*, 19: 531–537.
42. Vaskova H. & Buckova M. (2015). Thermal Degradation of Vegetable Oils: Spectroscopic Measurement Analysis. 25th DAAAM International Symposium on Intelligent Manufacturing and Automation. Vienna, Austria; 26–29 November 2014. *Procedia Engineering* 100:630.
43. Yildirim, E., Toker, O. S., Karaman, S., Kayacier, A., & Dogan, M. (2015). Investigation of fatty acid composition and trans fatty acid formation in extracted oils from French-fried potatoes and classification of samples using chemometric approaches. *Turk. J. Agric. For.* 39, 80–90.

44. Zhang, Y., Lyu, C., Meng, X., Dong, W., Guo, H., Su, C., and Zhang, X. (2019). Effect of Storage Condition on Oil Oxidation of Flat-European Hybrid Hazelnut. *Journal of Oleo Science*, 68(10), 939-950.